

## CONTRIBUIÇÕES DA LÓGICA FUZZY À LOGÍSTICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

**Nathan Peixoto Oliveira**

Doutorado em Administração de Empresas pela Université de Bordeaux (França). Atualmente é doutorando no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

E-mail: nathanpeixot@yahoo.com.br

**Rafaela Francisca Moreira Barbosa**

Graduada em Engenharia de Produção. Atualmente é mestranda na Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC.

E-mail: barbosarafaela84@gmail.com

**Carlos Manuel Taboada Rodriguez**

Doutor em Engenharia Econômica pela Technische Universität Dresden (1985). Atualmente é Professor Titular no Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

E-mail: carlos.taboada@ufsc.br

### Resumo

Para o aperfeiçoamento da logística, cada vez mais tem-se feito uso da lógica *fuzzy* com diversas aplicações, como por exemplo: controle de estoques, otimização de inventários, melhoria de processos logísticos, avaliação de fornecedores, geolocalização e seleção de parceiros. Diante desta tendência, este artigo teve como intuito fazer uma revisão sistemática utilizando a metodologia *ProKnow-C* para analisar a difusão da lógica *fuzzy*, estratificando sua aplicação em 14 áreas distintas da logística. Como resultado, foram destacadas as principais contribuições da lógica *fuzzy* na logística internacional e no contexto brasileiro e oportunidades de pesquisa na área. Este trabalho além de delimitar o caminho da pesquisa realizado até o presente momento, tenta delinear possíveis perspectivas de estudo.

**Palavras-chave:** Lógica fuzzy; Logística; Cadeia de suprimentos.

### Abstract

For the improvement of logistics, fuzzy logic has been increasingly used with various applications, such as: inventory control, inventory optimization, improvement of logistics processes, supplier evaluation, replacement and selection of partners. In view of this trend, this article aimed to carry out a systematic review using the *ProKnow-C* methodology to analyze the diffusion of fuzzy logic, stratifying its application in 14 distinct areas of logistics and research opportunities. As a result, they were highlighted as the main contributions of fuzzy logic in international logistics and in the Brazilian context. This work, in addition to delimiting the research path carried out so far, tries to outline possible study possibilities.

**Keywords:** Fuzzy logic; Logistics; Supply chain.

## 1. INTRODUÇÃO

A logística é responsável pelo transporte e armazenagem de produtos, podendo facilitar o fluxo dos mesmos, desde o momento da aquisição das matérias primas até o consumo final (BALLOU, 2011). Para o referido autor a logística ainda busca criar um elo e valor entre os clientes e os fornecedores da empresa, além dos envolvidos indiretamente.

De acordo com Novaes (2015), a logística constitui de um processo composto por elementos que agregam valores de lugar, tempo, qualidade e informações para toda a cadeia produtiva, de modo que as necessidades dos clientes sejam atendidas. Empresas que gerenciam seus processos logísticos de forma eficiente, podem se destacar em um mercado altamente competitivo, fornecendo serviços de alto valor para seus clientes.

No ambiente logístico, considerar a competitividade como norte estratégico é tido como fundamental para um eficiente controle de custos (GRU, 2018). Um bom gerenciamento dos processos logísticos é de suma importância para que empresas possam controlar seus custos, e assim elevar o nível de sua competitividade (GEN *et al.*, 2018).

Os processos logísticos se tornam cada vez mais desafiadores e importantes devido ao aumento da concorrência (SETHANAN; JAMRUS, 2020). Devido à complexidade do mercado e a intensiva competitividade, as tomadas de decisão devem ser bastante criteriosas. Algumas ferramentas são utilizadas para facilitar os processos decisórios nos diversos segmentos da logística, como exemplo a lógica *fuzzy* (JOVČIĆ *et al.*, 2019).

A lógica *fuzzy*, surgiu no ano de 1930, pelo filósofo Jan Lukasiewicz, a partir de estudos relacionados a termos como, alto, quente, velho, onde propôs a utilização de um intervalo de valores [0,1] (MARRO *et al.*, 2010). Ainda segundo os autores, em 1965, Lofti Zadeh publicou o artigo *Fuzzy Sets* que se consolidou posteriormente como a origem da lógica *fuzzy*.

A lógica *fuzzy* é uma ferramenta bastante difundida nos diversos campos científicos, pois tornou-se uma solução de problemas complexos para estes, devido à semelhança com o raciocínio humano e o auxílio nas tomadas de decisão (HERGHILIGIU *et al.*, 2019). De acordo com Kumar (2019), formaliza e estrutura o raciocínio, e possui traços de raciocínio parecido com os dos humanos, além de auxiliar o processo de tomada de decisão (FERDAUS *et al.*, 2020).

Diante desse contexto apresentado, o objetivo deste trabalho está em identificar os principais segmentos de aplicação da lógica *fuzzy* no campo da logística por meio de um panorama das publicações no setor. A importância de revisões sistemáticas de lógica *fuzzy* no campo logístico poderá auxiliar, tanto no âmbito acadêmico quanto no empresarial, diversos tomadores de decisão. Além disso, a ferramenta possui ampla aplicação em segmentos logísticos como logística verde, reversa e sustentável, logística humanitária, portuária, entre outros.

Para alcançar o objetivo proposto, este trabalho está estruturado em quatro tópicos principais: introdução, método, resultados e conclusões. O primeiro tópico apresentou uma breve contextualização a respeito dos temas principais do trabalho. No tópico dois, será mostrado o passo a passo realizado para a obtenção da amostra de artigos, como por exemplo as palavras-chave utilizadas na pesquisa e os

critérios de seleção de artigos. No tópico de resultados, será mostrado os principais resultados alcançados. E por fim no tópico 4, a conclusão.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 LÓGICA FUZZY

A lógica *fuzzy* é, portanto, um método heurístico que utiliza a teoria de conjuntos fuzzy, integrando a área de inteligência artificial, no campo das aplicações da Ciência Cognitiva, juntamente com os algoritmos genéticos e as redes neurais (O'BRIEN, 2001). Foi desenvolvida a partir de 1965 com os trabalhos do professor Lotfi Zadeh, para representar o conhecimento incerto ou impreciso (SANDRI; CORREA, 1999).

Segundo Heizer e Render (2001), a lógica *fuzzy* permite trabalhar com valores aproximados, influências e dados incompletos ou ambíguos para tomar decisões. Além disso, a lógica fuzzy pode ser comparada com a lógica clássica (ou booleana), que trata com a definição clássica de conjuntos. Nessa definição, um certo valor pertence ou não a um determinado conjunto, sendo representado pelos valores 0 e 1, respectivamente. No caso da lógica fuzzy, um certo valor pode pertencer a um determinado conjunto com um certo grau de pertinência (SANTOS *et al.*, 2012).

O desenvolvimento de um trabalho com a lógica fuzzy pode ser resumido em três etapas, de acordo com Nobre (2000) e Santos *et al.*, (2012). A primeira etapa consiste em propor um conjunto de regras linguísticas sendo acrescentados pelos conectivos lógicos “and” e “or. Uma variável linguística é definida como uma entidade utilizada para representar de modo impreciso e, por tanto, linguístico, um conceito ou uma variável de um determinado problema, admitindo como valores apenas expressões linguísticas como “baixo”, “alto”, “médio”, entre outros de acordo com a necessidade de exemplificar o sistema (LANDMANN; ERDMANN, 2011).

O segundo passo consiste em definir as funções de pertinência que devem caracterizar de modo quantitativo os valores das variáveis linguísticas. Com isso, o terceiro e último passo consiste em definir inferências para manipulação das regras e para a tomada de decisão dos envolvidos no modelo, definindo interfaces de entrada e saída do método. A interface de entrada possui como objetivo mapear as informações numéricas do ambiente estudado para valores caracterizados por funções de pertinência, transformando informações quantitativas em qualitativas (*fuzzyfication*) e a interface de saída o oposto (*defuzzyfication*) (LANDMANN; ERDMANN, 2011; GANGA *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2012).

O objetivo da lógica fuzzy é estudar os princípios do raciocínio aproximado, fazendo com que as decisões tomadas por um sistema computacional se aproximem cada vez mais das decisões humanas (CAMARGOS, 2002).

## 3. MÉTODO

O presente trabalho é caracterizado como uma pesquisa descritiva, tendo em vista o objetivo do estudo. Na pesquisa descritiva, cabe ao pesquisador realizar o estudo, a análise, o registro e a interpretação dos dados buscados, além de descrever as características de uma população, experiência ou fenômeno (GIL, 2008). Com isso, foi realizado uma revisão sistemática da literatura utilizando o método *ProKnow-C* (*Knowledge Development Process – Constructivist*), criado pelo

laboratório *MCDA – Multi-criteria Decision Analysis* – da Universidade Federal de Santa Catarina. O modelo prevê a realização de três etapas:

a) Seleção de artigos brutos: escolher dos eixos de pesquisa "lógica fuzzy" e "logística"; definir as palavras-chave e operadores booleanos; escolher o banco de dados (Web of Science e Scopus); definir os limitantes de pesquisa (periódicos, sem limitação temporal, pesquisa em "título, resumo e palavras-chave" dos artigos); verificar alinhamento com o tema de pesquisa;

b) Filtragem do banco de artigos: importar banco de artigos bruto para um software de revisão bibliográfica (*EndNote*); excluir artigos em duplicidade e publicados em congressos ou livros; realizar a leitura dos títulos pertinentes à pesquisa excluindo os desalinhados; exportar para uma planilha e ordenar artigos por ordem de citação, assim como sua porcentagem individual do total e acumulada; realizar o corte de representatividade para determinar os artigos com reconhecimento científico comprovado realizando a leitura do resumo destes e determinação do banco de autores; reanalisar os artigos sem reconhecimento científico permitindo uma repescagem baseada no banco de autores, tempo de publicação e leitura de resumo; realizar a leitura integral dos artigos finalistas;

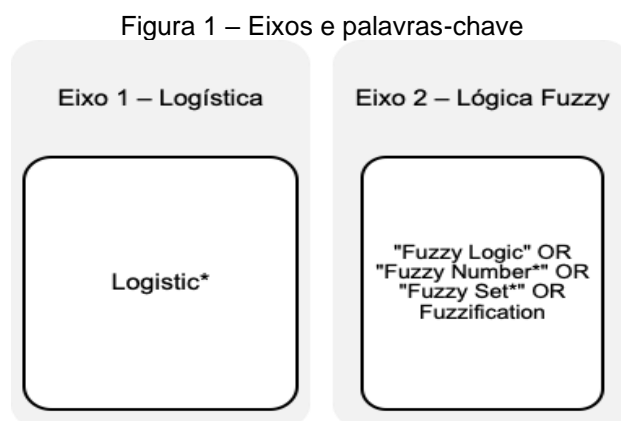
c) Teste de representatividade do portfólio bibliográfico primário: analisar as referências secundárias dos artigos do portfólio bibliográfico primário com as mesmas limitações do banco de artigo bruto; delimitar as referências secundárias alinhadas ao tema de pesquisa pelo título; ordenar artigos por ordem de citação (baseado no google acadêmico), sua porcentagem individual do total e acumulada; realizar o corte de representatividade igual ao do banco de artigos bruto (por número de citação ou por percentual); para os artigos com representatividade, analisar se há reconhecimento científico, caso não, realizar uma análise pela leitura do resumo e do artigo; juntar os artigos do portfólio primário e do teste de representatividade.

Considerando a seleção de artigos brutos, nos critérios de inclusão de artigos foram considerados somente artigos científicos em versão final e idiomas em inglês e português. Após essa triagem inicial, os artigos que no seu resumo, título ou palavras-chave não consideravam logística e lógica fuzzy não foram incluídos para análise.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 SELEÇÃO DE ARTIGOS BRUTOS

Para compor a primeira triagem (bruta) de artigos, foram delimitados dois eixos de pesquisa. O primeiro eixo, "logística", diz respeito a área principal de estudo, já o segundo, "lógica fuzzy", refere-se a ferramenta ou método utilizado para solucionar problemas na área já citada. Para a escolha das palavras-chave, para o eixo "logística", utilizou-se "logistic\*", enquanto, para o eixo "lógica fuzzy", utilizou-se de "Fuzzy Logic", "Fuzzy Number", "Fuzzy Set" ou "Fuzzification", conforme pode ser visto na Figura 1 a seguir:



Fonte: Autores (2021)

Fez-se a busca em duas das principais bases de dados: *Web of Science* e *Scopus*. E, como limitantes definiu-se: para tempo, um intervalo desde a criação das bases até a data de 20 de dezembro de 2020.; para local de pesquisa, resultados encontrados nos títulos, resumo e palavras-chave dos artigos; para tipo de documento, restringiu-se a pesquisa de artigos e artigos de revisão. Como resultado da busca na base *Scopus*, foram encontrados 745 artigos, já na base *Web of Science*, 1.278, totalizando 2.023 artigos. Para definir o alinhamento com o tema de pesquisa, foram selecionados 5 artigos por ordem de citação de cada base, chegando-se aos seguintes artigos, conforme Tabela 1. A partir da mesma e da leitura dos artigos foi possível validar a pertinência dos mesmos quanto ao tema de pesquisa.

Tabela 1 – Análise de alinhamento ao tema de pesquisa

<b>Autores</b>	<b>Título</b>	<b>Citações</b>	<b>BBase</b>
West, D.	Neural network credit scoring models	577	SScopus
Chen, C.T.	A fuzzy approach to select the location of the distribution center	338	SScopus
Yalcin A., Reis S., Aydinoglu A.C., Yomralioglu T.	A GIS-based comparative study of frequency ratio, analytical hierarchy process, bivariate statistics and logistics regression methods for landslide susceptibility mapping in Trabzon, NE Turkey	337	SScopus
Chang B., Chang C.-W., Wu C.-H.	Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria	310	SScopus
Lu L.Y.Y., Wu C.H., Kuo T.-C.	Environmental principles applicable to green supplier evaluation by using multi-objective decision analysis	257	SScopus
Pourghasemi, Hamid Reza; Pradhan, Biswajeet; Gokceoglu, Candan	Application of fuzzy logic and analytical hierarchy process (AHP) to landslide susceptibility mapping at Haraz watershed, Iran	405	SScopus
Kannan, Devika; Khodaverdi, Roohollah; Olfat, Laya; Jafarian, Ahmad; Diabat, Ali	Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multi-objective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain	312	SScopus
Kannan, Devika; Lopes de Sousa Jabbour, Ana Beatriz; Chiappetta Jabbour, Charbel Jose	Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company	311	SScopus
Devkota, Krishna Chandra; Regmi, Amar Deep; Pourghasemi, Hamid Reza; Yoshida, Kohki; Pradhan, Biswajeet; Ryu, In Chang; Dhital, Megh Raj; Althuwaynee, Omar F.	Landslide susceptibility mapping using certainty factor, index of entropy and logistic regression models in GIS and their comparison at Mugling-Narayanghat road section in Nepal Himalaya	310	SScopus
Kannan, Govindan; Pokharel, Shaligram; Kumar, P. Sasi	A hybrid approach using ISM and fuzzy TOPSIS for the selection of reverse logistics provider	282	SScopus

Fonte: Autores (2021)

#### 4.2 FILTRAGEM DO BANCO DE ARTIGOS

Após extraídos os resultados das bases para o software *EndNote*, um conjunto de dados oriundos da *Scopus* e *Web of Science* foi criado e, para evitar a duplicidade de informações, foram excluídos os artigos presentes em ambas as bases. Foram encontrados então 433 valores repetidos, culminando em 1.590 artigos exclusivos.

Em seguida, foi feita a leitura dos títulos a fim de se encontrar artigos desalinhados com o objetivo de pesquisa, resultando em 119 artigos excluídos e uma base posterior de 1.471 artigos. Esta foi exportada para o software Excel®, ordenados por citação, bem como a participação percentual (absoluta e acumulada)

da citação de cada artigo do total de citações da base, conforme pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Fragmento da extração para o Excel

Autores	Título	Ano	Fonte	DOI	Resumo	Palavras-chave	Fonte	Citações	% Citação	% Acumulada de Citação
West D.	Neural network credit sc	2000	Computers and Oper	10.1016/S03	This paper ir	Credit scoring; Mixt	Scopus	577	1,70%	1,70%
Pourghasemi, Hamid Reza; Pr	Application of fuzzy logic	2012	NATURAL HAZARDS	10.1007/s11	The main goal of this study is to		WoS	405	1,19%	2,89%
Chen C.-T.	A fuzzy approach to selec	2001	Fuzzy Sets and System	10.1016/S01	The location	Distribution center; Scopus		338	1,00%	3,89%
Yalcin A., Reis S., Aydinoglu A.	A GIS-based comparative	2011	Catena	10.1016/j.ca	Over the last	Analytical hierarchy	Scopus	337	0,99%	4,88%
Kannan, Devika; Khodaverdi, F	Integrated fuzzy multi crii	2013	JOURNAL OF CLEANE	10.1016/j.jcl	An organization's environmental		WoS	312	0,92%	5,80%
Kannan, Devika; Lopes de Sous	Selecting green suppliers	2014	EUROPEAN JOURNAL	10.1016/j.ej	Due to an increased awareness			311	0,92%	6,72%
Chang B., Chang C.-W., Wu C.	Fuzzy DEMATEL method f	2011	Expert Systems with	10.1016/j.es	Supply chain	DEMATEL; Fuzzy th	Scopus	310	0,91%	7,63%
Devkota, Krishna Chandra; Rej	Landslide susceptibility m	2013	NATURAL HAZARDS	10.1007/s11	Landslide susceptibility maps are		WoS	310	0,91%	8,54%
Kannan, Govindan; Pokharel, S	A hybrid approach using I	2009	RESOURCES CONSERV	10.1016/j.re	Return of used products is becom		WoS	282	0,83%	9,37%
Pishvae, M. S.; Torabi, S. A.	A possibilistic programmi	2010	FUZZY SETS AND SYST	10.1016/j.f	The design of closed-loop supply		WoS	276	0,81%	10,18%

Fonte: Autores (2021)

O corte dos dados do Excel foi realizado quando o percentual acumulado de citações chegou a 80%. Desta forma 356 artigos (24,20% da base) representava cerca de 80% do total de citações, conforme pode ser visto na Figura 3.

Figura 3 – Corte do percentual acumulado de citações

Título	Ano	Fonte	DOI	Resumo	Palavras-chave	Fonte	Citações	% Citação	% Acumulada de Citação
Comparison of multiple p	1990	Proceedings of 7th Intern...		Annual cycle new studies have properly comp		Scopus	25	0,07%	79,91%
Evaluating military traini	2015	Aerospace Science ar	10.1016/j.as	The combina	AHPTOPSIS; Fuzzy lc	Scopus	25	0,07%	79,98%
A Fuzzy Reverse Logistics	2016	International Journal	10.1007/s40	This paper d	Economic order/prc	Scopus	25	0,07%	79,99%
Analysing the interaction	2018	INTERNATIONAL JOU	10.1080/002	Emergencies and disasters place		WoS	25	0,07%	79,99%
Location optimization of r	2012	Journal of Zhejiang U	10.1631/jzus	Locating dist	Axiomatic fuzzy set	Scopus	25	0,07%	79,99%
Application of analytic hie	2016	ENVIRONMENTAL EA	10.1007/s12	The purpose of the present study		WoS	25	0,07%	79,99%
An interactive possibilistic	2017	APPLIED SOFT COMP	10.1016/j.as	This paper presents a new multi-		WoS	25	0,07%	79,99%
Decision model for count	2006	International Journal	10.1007/s00	Clothing ma	Clothing manufactu	Scopus	24	0,07%	79,99%
Multicriteria fuzzy classifi	2004	Fuzzy Sets and System	10.1016/S01	In this paper	Astrocytic tumour; I	Scopus	24	0,07%	80,05%
Application of frequency i	2015	ARABIAN JOURNAL O	10.1007/s12	The main goal of this study was t		WoS	24	0,07%	80,12%
A dynamic multi-plant lot	2016	INTERNATIONAL JOU	10.1080/002	In this paper, we investigate a m		WoS	24	0,07%	80,19%
An Integrated Hybrid App	2020	JOURNAL OF CLEANE	10.1016/j.jcl	In recent decades, reverse logist		WoS	24	0,07%	80,26%
A new method for manag	2012	Annals of Operations	10.1007/s10	The internati	Hierarchical multi-t	Scopus	24	0,07%	80,33%

Fonte: Autores (2021)

#### 4.3 TESTE DE REPRESENTATIVIDADE PORTFÓLIO PRIMÁRIO

Os artigos em amarelo (cerca de 80% do percentual acumulado de citações conforme Figura 3) são os dito artigos com reconhecimento científico. Assim, os demais (sem reconhecimento da comunidade científica), são reanalisados tendo como critérios o pertencimento dos seus autores ao banco de autores dos artigos com reconhecimento científico, ao tempo de publicação (dando preferência para artigos publicados nos últimos 5 anos) e leitura do resumo.

Nesta etapa todos os artigos sem reconhecimento da comunidade científica foram considerados na repescagem e voltaram a compor o banco de artigos com reconhecimento científico. Pela suficiência de artigos, não foi necessário a realização do teste de representatividade (que iria buscar referências secundárias no portfólio bibliográfico primário). Foram obtidos então 1.471 artigos que representam o uso da Lógica *Fuzzy* na área de Logística.

#### 4.4 APLICAÇÕES DA LÓGICA FUZZY NA LOGÍSTICA

Baseado no portfólio bibliográfico, foram levantados os principais usos da lógica *fuzzy* por área da logística, conforme Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 – Principais aplicações da lógica fuzzy por área da logística

Área da Logística	Aplicação da Lógica Fuzzy
Logística Verde, Reversa e Sustentável	Geolocalização e Centros de Distribuição, Fábricas, Usinas.
Logística Hospitalar Logística Humanitária	Avaliação interna: qualidade do atendimento, turnover, clima organizacional.
Logística Lean	Nível de eficiência, desperdícios, desempenho dos funcionários.
Logística Urbana	Avaliação da malha, dos veículos e maquinário, da necessidade de manutenção
Logística Portuária	Avaliação de fornecedores: preço, excelência, experiência
Operador Logístico e <i>Lead Logistic Provider</i>	Seleção de parceiros: confiabilidade, capilaridade, integridade
Interoperabilidade Logística	Avaliação da interoperabilidade de peças, softwares, produção (joint-venture).
Construindo o conceito de Logística do Varejo	Atendimento aos clientes: nível de satisfação, avaliação dos produtos, avaliação do SAC.
Logística 4.0	Grau de inovação: número de patentes, nível de eficiência dos projetos de inovação, ranking da empresa dentre as mais inovadoras.
Big Data, Inteligência Artificial e <i>Machine Learning</i> na Logística	Registro do histórico de informações para construção do triângulo <i>fuzzy</i> e auxílio decisório
Sistema de Equações Estruturais na Logística	Análise Multicritério: conexão entre 2 ou mais constructos (conjuntos <i>fuzzy</i> ) e a relação entre eles
<i>Blockchain</i> na Logística	Avaliação da rede integrada de parceiros: nível confiança, segurança das informações, número de parceiros
Riscos na Logística	Riscos de ruptura (falta de produtos), capacidade produtiva e estocagem.

Fonte: Autores (2021)



#### 4.6 APLICAÇÕES DA LÓGICA *FUZZY* NO CONTEXTO BRASILEIRO

Com base no Portfólio Bibliográfico, 47 artigos tiveram aplicações práticas no contexto brasileiro e apresentaram enfoque em:

- a) (23%) Instalações logísticas: posicionamento de CDs, fábricas e do varejo;
- b) (41%) Apoio a decisão logística: avaliação externa (seleção de fornecedores, parceiros, terceiros) e avaliação interna (atendimento ao cliente, desempenho dos funcionários, adequação à filosofia Lean, avaliação dos processos logísticos);
- c) (36%) Sustentabilidade: riscos geológicos (deslizamento de encostas) aliado a problemas de transporte, gestão ambiental (logística reversa e economia circular) e
- d) (menor que 1%) Existe uma quantidade pouco significativa na área biomédica com interseção logística.

#### 5. CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo identificar os principais segmentos de aplicação da lógica fuzzy no campo da logística por meio de um panorama das publicações no setor. Face aos resultados encontrados, é possível verificar a ampla utilização da ferramenta nas 14 áreas da logística listada nos trabalhos.

Além disso, no contexto brasileiro, o uso da lógica *fuzzy* na logística está concentrado em publicações para solução de problemas de instalações logísticas (23%), ferramenta de apoio a decisão logística (41%), sustentabilidade (36%) e de modo pouco significativo (menor que 1%) a problemas da biomedicina vinculados a logística. Foram apresentados também os principais autores de ambas as bases de pesquisa – *Scopus* e *Web of Science* – (Tabela 1) e na seção seguinte serão elencadas as oportunidades de pesquisa encontradas na literatura.

De acordo com o estudo realizado, observou-se lacunas do conhecimento em 3 áreas e que podem ser consideradas como oportunidades de pesquisa de logística com a aplicação da ferramenta lógica fuzzy:

- a) Logística Hospitalar: análise da variação de insumos hospitalares (como oxigênio, bolsas de sangue, medicamentos etc.) para definição do ponto de pedido via lógica *fuzzy* e criação de gatilhos automáticos de ordem de compra pelos hospitais.
- b) Logística Urbana e *Big Data* / *Machine Learning*: geolocalização do ponto ótimo para sinalização urbana (placas, semáforos, faixas de circulação) para leitura e interpretação de carros autônomos.

c) Gestão de Riscos e *Machine Learning*: avaliação de indicadores do modal aeroviário para pilotagem automática, como pressão atmosférica, altitude, longitude, índice pluviométrico, umidade, velocidade, aceleração, fluxo de aeronaves, origem e destino.

A lógica *fuzzy* aplicada ao contexto logístico tem como principal contribuição o correto direcionamento para os tomadores de decisão, pois a lógica computacional se aproxima do pensamento racional humano. A combinação da lógica *fuzzy* com a *expertise* dos *stakeholders* no processo de decisão de problemas complexos pode possuir grande valor prático, contribuindo também para o embasamento teórico e a difusão de mais pesquisas na área.

## Referências

BALLOU, R. H. Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física. 24<sup>a</sup> ed. São Paulo: Atlas, 2011.

CAMARGOS, F. L. Lógica Nebulosa: uma abordagem filosófica e aplicada. Florianópolis: UFSC, 2002.

CHANG, B.; CHANG, C.; WU, C. Fuzzy DEMATEL method for developing supplier selection criteria. **Expert systems with Applications**, v. 38, n. 3, p. 1850-1858, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.07.114>>.

CHEN, C. A fuzzy approach to select the location of the distribution center. **Fuzzy sets and systems**, v. 118, n. 1, p. 65-73, 2001. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(98\)00459-X](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(98)00459-X)>.

DEVKOTA, K.; REGMI, A.; POURGHASEMI, H.; YOSHIDA, K. Landslide susceptibility mapping using certainty factor, index of entropy and logistic regression models in GIS and their comparison at Mugling–Narayanghat road section in Nepal Himalaya. **Natural hazards**, v. 65, n. 1, p. 135-165, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0347-6>>.

GANGA, G. M.; CARPINETTI, C. R.; POLITANO, P. R. Gestão do desempenho em cadeias de suprimentos usando lógica fuzzy A fuzzy logic approach to supply chain performance management. *Gestão e Produção*, São Carlos, v. 18, n. 4, p. 755-774, 2011.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6<sup>a</sup> Ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2008.

GEN, M.; LIN, L.; YUN, Y. Recent advances in hybrid priority-based genetic algorithms for logistics and SCM network design. **Computers and Industrial Engineering**, v. 125, n. September, p. 394–412, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.08.025>>.

GRU, V. Minimizing the trade-off between sustainability and cost-effective performance by using autonomous vehicles., **Journal of Cleaner Production**. v. 184, p. 709–717, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.302>>.

HERGHILIGIU, I.; ROBU, I.; VILCU, A.; ASANDULUI, A.; AVASILCAI, S.; BALAN, C. Sustainable environmental management system integration and business performance: A balance assessment approach using fuzzy logic. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 19, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su11195311>>.

HEIZER, J.; RENDER, B. Administração de operações 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2001.

JOVČIĆ, S.; PRUSA, P.; DOBRODOLAC, M.; SVADLENKA, L. A proposal for a decision-making tool in third-party logistics (3PL) provider selection based on multi-criteria analysis and the fuzzy approach. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 15, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su11154236>>

KANNAN, D.; KHODAVERDI, R.; OLFAT, L.; JAFARIAN, A. Integrated fuzzy multi criteria decision making method and multi-objective programming approach for supplier selection and order allocation in a green supply chain. **Journal of Cleaner production**, v. 47, p. 355-367, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.010>>.

KANNAN, D.; DE SOUSA J.; JABBOUR, C. Selecting green suppliers based on GSCM practices: Using fuzzy TOPSIS applied to a Brazilian electronics company. **European Journal of Operational Research**, v. 233, n. 2, p. 432-447, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2013.07.023>>.

KANNAN, G.; POKHAREL, S.; KUMAR, P. A hybrid approach using ISM and fuzzy TOPSIS for the selection of reverse logistics provider. **Resources, conservation and recycling**, v. 54, n. 1, p. 28-36, 2009. Disponível em: <<http://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.06.004>>.

KUMAR, A.; SHARMA, A. Systematic literature review of fuzzy logic-based text summarization. **Iranian Journal of Fuzzy Systems**, v. 16, n. 5, p. 45-59, 2019. Disponível em: <<http://doi.org/10.22111/IJFS.2019.4906>>.

LU, Y.; WU, C. H.; KUO, T.-C. Environmental principles applicable to green supplier evaluation by using multi-objective decision analysis. **International journal of production research**, v. 45, n. 18-19, p. 4317-4331, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/00207540701472694>>.

MARRO, A. A.; MATHEUS, A.; SOUZA, C. Lógica fuzzy: conceitos e aplicações. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), 2010.

NOVAES, A. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

O'BRIEN, J. A. Sistemas de informação e as decisões gerenciais na era da internet São Paulo: Saraiva, 2001.

POURGHASEMI, H. R.; PRADHAN, B.; GOKCEOGLU, C. Application of fuzzy logic and analytical hierarchy process (AHP) to landslide susceptibility mapping at Haraz watershed, Iran. **Natural hazards**, v. 63, n. 2, p. 965-996, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11069-012-0217-2>>.

SANTOS, A. V. N.; FELIX, L.B.; VIEIRA, J. G. V. Estudo da logística de distribuição

física de um laticínio utilizando lógica fuzzy. **Revista Produção**, v. 22, n. 3, p. 576-583, 2012. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132012005000036>>.

SANDRI, S.; CORREA, C. *Lógica Nebulosa*. São José dos Campos: ITA, 1999.

SETHANAN, K.; JAMRUS, T. Hybrid differential evolution algorithm and genetic operator for multi-trip vehicle routing problem with backhauls and heterogeneous fleet in the beverage logistics industry. **Computers and Industrial Engineering**, v. 146, n. May, p. 106571, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106571>>.

WEST, D. Neural network credit scoring models. **Computers & Operations Research**, v. 27, n. 11-12, p. 1131-1152, 2000. Disponível: < [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(99\)00149-5](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(99)00149-5)>.

YALCIN, A. A GIS-based comparative study of frequency ratio, analytical hierarchy process, bivariate statistics and logistics regression methods for landslide susceptibility mapping in Trabzon, NE Turkey. **Catena**, v. 85, n. 3, p. 274-287, 2011. Disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.catena.2011.01.014>>.

ZADEH, L. A. Fuzzy sets. **Information and control**, v. 8, n. 3, p. 338-353, 1965. Disponível em: < [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)>.